

孤东管网优化运行技术

王清* 李宗泗 张国忠
(胜利石油管理局油气集输公司) (石油大学(华东))

王清 李宗泗等:孤东管网优化运行技术,油气储运,1996(4)15,25~27。

摘要 孤永东和孤罗东两条管道承担着孤岛、孤东和桩西的原油输送任务,按现行工况运行,各站节流较多,能源浪费较大。根据管道现有设备条件分析了运行现状,给出了孤永东管道和孤罗东管道的运行参数。在不改变现有设备条件和确保原油外输任务的前提下,制定了优化运行方案,即把两条管道作为一个燃油系统,选择以两条管道的最低进站油温为最低允许燃油温度,孤岛首站总的燃油量合理匹配给两条管道,这样实现了孤永东管道全年压力越站,减少了首站的节流损失,提高了孤罗东管道的燃油量,达到了节能降耗的目的。

主题词 长输管道 运行 技术 流量 最优化 节能

孤东管网由孤永东和孤罗东两条管道组成,承担着孤岛、孤东和桩西油田的原油外输任务。孤永东管道于1984年12月投产,输送孤岛和桩西的混合油。孤罗东管道于1988年11月投产,输送来自孤东油田的原油。1992年至1995年上半年两条管道燃油量见表1。从表1中可见,目前两条管道均处于不满负荷运行状态,且燃油量呈逐年下降趋势。现有的运行方式使各站节流较多,造成较大浪费。随着河口原油从孤罗东管道中间站插入该管道,又给孤东管道的操作管理带来了新的问题。

在不改变现有设备条件和确保原油外输任务的前提下,应用燃油管道优化运行技术,通过调整两条管道的燃油量和运行方案,达到了优化运行和节能

降耗的目的。

表1 孤东管道燃油量

管道	设计燃油量 (10 ⁴ t/a)	燃油量 (10 ⁴ t/a)			
		1992年	1993年	1994年	1995年上半年
孤永东	800	669	665	652	314
孤罗东	700	483	423	355	165

一、管道条件

孤东的两条管道管径均为529 mm,首站采用先泵后炉,中间站采用先炉后泵,旁接油罐,并联泵输送工艺,管道设备见表2。

表2 孤东管道设备

管道长度(km)		12SH-19 输油泵		250YS-150×2 输油泵		加热炉热
孤永东	孤罗东	流量(m ³ /h)	扬程(m)	流量(m ³ /h)	扬程(m)	负荷(kW)
66.6	71.15	800	19.4	500	30	2 326

两条管道首站和中间站各有4台250YS-150×2输油泵,3台2 326 kW方箱式加热炉,孤永东管道首站还有2台12SH-19给油泵。孤永东管道250YS-150×2输油泵特性是 $H=333+0.0959Q-3.54\times10^{-4}Q^2$,孤罗东管道250YS-150×2输油泵特性是 $H=335+0.0688Q-3.229\times10^{-4}Q^2$ 。孤

东管道布置见表3。

二、运行现状

孤永东、孤罗东两条管道投产以来,分别输送固定油田的原油,没有作为一个燃油系统考虑。为了说

明问题,取 1995 年 6 月和 7 月的输油参数对两条管道进行分析。

表 3 孤东管道布置

孤永东管道		孤罗东管道	
站名	站间距(km)	站名	站间距(km)
孤岛首站		孤岛首站	
永安站 (中间站)	32.0	集贤站 (中间站)	40.5
东营原油库 (末站)	34.6	东营原油库 (末站)	30.65

1. 孤永东管道

孤永东管道 1995 年 6 月 24 日的输油参数列于表 4。

表 4 中开泵方式是首站和永安站各开 1 台

表 4 孤永东管道输油参数

站名	流量(m ³ /h)	泵压(MPa)	干压(MPa)	出站油温(℃)	进下站油温(℃)	地温(℃)
孤岛首站	760	2.2	1.8	50	46	23
永安站	760	2.1	1.7	46	41	23

表 5 孤罗东管道输油参数

站名	流量(m ³ /h)	泵压(MPa)	干压(MPa)	出站油温(℃)	进下站油温(℃)	地温(℃)
孤岛首站	380	2.9	1.7	49	41	24
集贤站	630	2.4	1.5	44	38	24

注 河口原油以 250 m³/h 的排量在集贤站插入孤罗东管道。

表 5 中的开泵方式是首站和集贤站各开 1 台 250YS-150×2 泵,未使用加热炉。由表 5 可见,首站节流 1.2 MPa,集贤站节流 0.9 MPa。由于河口油在集贤站插入孤罗东管道,因此集贤站必须开泵,而首站开泵越集贤站的方案不可行。

三、优化计算

1. 优化计算的原则

对于一条热油管道,消耗的能量主要有两种,即电力和燃料。两种能量消耗是一对矛盾体。提高输油温度,输油的燃料消耗会上升,而油品粘度降低,沿线的摩阻损失将减少,输油的动力消耗也会下降;反之,降低输油温度,输油的燃料消耗会下降,但油品的粘度将上升,沿线的摩阻损失也会上升,输油的动力消耗则增加。因此,对应某个流量,输油温度一定时,管道的摩阻损失是一个定值,管道的能量消耗

250YS-150×2 输油泵,未使用加热炉。表中泵压指的是在输油排量下泵提供的扬程,干压则给出了各站需提供的压力。泵压与干压的差值即为节流损失。由表 4 可见,首站和永安站均节流 0.4 MPa。如果首站开 2 台 250YS-150×2 输油泵,永安站不开泵,那么首站 2 台并联泵在 760 m³/h 的总排量下提供的总扬程为 318 m,而孤永东管道全线总摩阻为 360 m,因为总扬程小于总摩阻,所以在 760 m³/h 排量下,首站开 2 台 250YS-150×2 泵越永安站的方案不可行。

2. 孤罗东管道

孤罗东管道 1995 年 7 月 12 日的输油参数列于表 5。

(能耗费用)也是一个定值。对应不同的输油温度,能量消耗也不同。显然,对应某一个流量,一条热油管道必然存在一个能耗费用最低的输油温度和对应的开泵方案。在目前的输送条件下,孤东两条管道均存在严重节流的问题,显然有必要对其进行流量的合理分配,从而在总能耗费用最低的情况下,找到两条管道各自的最佳输油温度和开泵方案。

2. 能耗费用的计算

能耗费用是流量、地温、加热站数、进站油温及开泵方案等因素的多元函数。

$$S = S_R + S_P \quad (1)$$

$$S_R = \frac{q_i \cdot Y_R}{X_R \cdot B_H \cdot L} \quad (2)$$

$$q_i = \sum_{i=1}^{n_R} C_Y \cdot (T_{Ri} - T_{R,i+1}) \quad (3)$$

$$S_P = 2.723 \times 10^{-3} \frac{H \cdot Y_P}{X_P \cdot L} \quad (4)$$

式中 S —— 总能耗费用, 元/(t·km);
 S_R —— 输送原油所需的燃料费用, 元/(t·km);
 S_P —— 输送原油所需的动力费用, 元/(t·km);
 q_i —— 单个加热站输送原油所需的热负荷, W/t;
 Y_R —— 燃料油价格, 元/t;
 X_R —— 加热炉效率;
 B_H —— 燃料油热值, W/kg;
 L —— 管道长度, km;
 n_R —— 加热站数;
 C_Y —— 原油热容, W/(kg·°C);
 T_R —— 各站出站油温, °C;
 T_{zi+1} —— 各站进站油温, °C;
 H —— 管道总摩阻损失, m;
 Y_P —— 动力价格, 元/(kW·h);
 X_P —— 泵机组效率。

3. 优化计算过程

设定一个进站油温变化区间, 对应某个油温, 计算管道的能耗费用。使用黄金分割法在设定的进站油温区间内寻优, 从而可计算出能耗费用最小时对应的输油温度。由于管道的能量消耗必须由设备提供, 因此还要考虑设备的匹配。根据泵扬程等于管道摩阻损失, 选择开泵方案和输油温度, 计算能耗费用。比较各种运行方案, 从中选择能耗费用最小的运行方案。

4. 优化方案

分析优化运行的计算结果, 得出的结论是:

(1) 在现有运行状况和允许的输油温度条件下, 孤东和孤罗东两条管道的最低进站油温均为允许的最低输油温度。

(2) 孤东管道输量偏大, 孤罗东管道输量偏小, 可把孤岛首站总的输油量合理匹配给两条管道。改造孤岛首站孤岛、桩西来油的计量系统, 从孤东管道中分流一部分油量进入孤罗东管道。孤东管道现输量 1.75×10^4 t/d 左右, 优化运行后输量降为 1.45×10^4 t/d 左右, 其余 0.3×10^4 t/d 左右的输量分流到孤罗东管道。孤罗东管道首站至集贤站段间输量由原来的 0.9×10^4 t/d 左右增至 1.2×10^4 t/d 左右, 加上河口原油 0.6×10^4 t/d 左右的输量, 孤罗东管道总输量增加到 1.8×10^4 t/d 左右。孤东两条

管道优化运行计算结果之一见表 6 和表 7。

表 6 孤东管道优化运行计算结果

地温(°C)	首站出站	中间站出站	中间站进站	末站进站
	油温(°C)	油温(°C)	油温(°C)	油温(°C)
24	51	43	43	37.4
排量 (m ³ /h)	首站-中间站 摩阻(m)	中间站-末站 摩阻(m)		加热、开泵方案
650	156	144		首站开 2 台泵 各站不点炉

表 7 孤罗东管道优化运行计算结果

地温(°C)	首站出站	中间站出站	中间站进站	末站进站
	油温(°C)	油温(°C)	油温(°C)	油温(°C)
24	47	39.2	37.4	35.7
首站-中间站 摩阻(m)	中间站-末站 摩阻(m)		排量(m ³ /h)	
184	181		首站 550	河口站 250

实行优化运行方案可以实现孤东管道全年压力越永安中间站, 并可减少首站的节流损失。同时, 提高孤罗东管道的输量, 可以降低出站油温, 减少节流损失。

5. 效益分析

按优化方案计算, 孤东管道全年可少开 2 台 250YS-150×2 输油泵, 年节电 935×10^4 kW·h, 如果电价取 0.365 元/(kW·h), 则节约动力费 341 万元; 由于输量降低, 年燃料油增加 368 t, 如果燃料油价格取 800 元/t, 则多支出燃料油费用 30 万元, 即孤东管道每年综合节能 311 万元。孤罗东管道输量增加, 油温下降, 年增加电耗 324×10^4 kW·h, 多支出动力费用 118 万元, 年节省燃料油 3 800 t, 节约燃料油费用 304 万元, 即孤罗东管道每年综合节能 186 万元。孤东两条管道优化运行后年创经济效益 497 万元。这一优化运行方案正在实施中, 经济效益的实际数字有待于日后验证。

(收稿日期: 1995-09-05)

编辑: 张彦敏

作 者 介 绍

曲慎扬 教授级高级工程师,国家级有突出贡献的科技专家,1929年生,1952年毕业于清华大学土木系。1991年起享受政府特殊津贴,1994年被授予“全国设计大师”称号。曾任中国石油天然气管道局副总工程师和管道勘察设计院总工程师,主持过鲁宁线输油管道等国家重点工程的设计,著有《原油管道工程》等多篇论著,曾任本刊编委会副主任和主编。

李金武 见本刊1996年第三期。

陈茂庆 高级工程师,1956年生,1984年毕业于浙江农业大学机制专业。现在浙江义乌石油油泵厂从事泵的水力设计与理论研究工作,任该厂总工程师。

梁静华 工程师,1957年生,1985年毕业于廊坊管道职工学院石油储运专业。现在管道科学研究院从事输油工艺研究工作。

邓道明 讲师,1965年生,1984年毕业于西南石油学院油气储运工程专业,1987年获石油机械工程专业工学硕士学位。现为西南石油学院储运教研室讲师。

张有渝 见本刊1996年第一期。

张柏松 高级工程师,1955年生,1982年毕业于天津大学机械系。现在管道科学研究院从事管道机械研究工作。

周国雄 副教授,1933年生,1956年毕业于北京石油学院机械系石油储运专业,长期从事石油天然气储运专业教学工作,曾任江苏化工学院石油储运教研室主任,1993年退休。

王清 工程师,1965年生,1986年毕业于华东石油学院储运专业。现任胜利石油管理局油气集输公司科学技术办公室副主任。

臧铁军 助理工程师,1964年生,1985年毕业于长春建筑材料工业学校,1990年毕业于廊坊管道职工学院管道工程专业,现从事干部管理工作。

张厚亮 助理工程师,1956年生,1987年毕业于锦州石油管道学校储运机械专业。现任沧州输油站站长。

吴云保 讲师,1942年生,1965年毕业于河南信阳空军高射炮兵学校油机系,现在空军后勤学院从事油料专业的教学工作。

张华果 助理工程师,1967年生,1990年毕业于中国石油大学(华东)石油储运专业。现任石家庄石化贸易公司油库调度长,从事成品油储运的技术管理工作。

黄树清 工程师,1958年生,1982年毕业于中国人民解放军后勤工程学院。现任中国人民解放军54014部队油料处处长。

孙冬柏 副教授,1959年生,1982年毕业于湖南大学化工系,获学士学位,1986~1992年就读于北京科技大学表面科学与腐蚀工程系,获硕士和博士学位。现在该校从事金属腐蚀与防护研究工作。

吴三临 高级工程师,1954年生,1980年毕业于浙江化工学院金属腐蚀与防护专业。现在江苏输油管理处从事管道管理工作。

鲜朝佐 高级工程师,1937年12月生,1965年毕业于北京石油学院机械系炼机专业。现在大庆石油化工设计院从事设计工作。

王乃和 工程师,1966年生,1988年毕业于华中理工大学腐蚀与防护专业。现在沧州输油管理处从事工程技术与管理工作。

张宪法 助理工程师,1960年生,1988年毕业于中国人民解放军后勤工程学院油料管理专业,现任中国人民解放军53258部队检修所所长,从事油库设备管理和技术革新工作。

李智利 助理工程师,1972年生,1993年毕业于西安石油学院计算机应用专业。现在管道科学研究院从事计算机编程工作。

苏中启 副教授,1941年生,1964年毕业于辽宁师范学院物理系。现在大庆职工大学从事物理教学工作,兼任大庆市物理学会副理事长。

王勇 助理工程师,1962年生,1988年毕业于安徽师范大学外语系英语专业。现在胜利石油管理局勘察设计研究院从事科技情报翻译工作。

sures on optimizing and safetying operation. The regulating system should both stably regulate and control surge with fast respondency, and its regulating response is directly proportional to variational ratio of pressure. It is pointed out that the surge control mode and protection measures used in existing pipelines in China are: ① regulating valve control; ② protection with low pressure relief valve; ③ automatic shut down pumps. As for the control of the negative surge wave, quick opening regulating valves can be used, while the positive surge wave, low pressure relief valves can be used in pressure relieving besides sensitive regulating valve system, in order to reduce surge pressure.

Subject Headings: pipeline, regulating valve, surge wave, control, test, analysis

• ENGINEERING ECONOMY •

Zhou Guoxiong. **Network Planning of Gas Stations and Optimization of Light Oil Supply System.** *OGST*, 1996(4)15,21~24.

At present, unreasonable distribution of gas stations exists in many cities which not only threatens the safety of these cities, but also gives rise to environmental pollution from the light oil due to a higher allocation density. By carring out network planning according to different districts and graded gas stations or based on automobile amounts and regional distances, the pollution from the light oil can be controlled effectively and the social benefits can be gained. The optimizing plan for light oil distribution system of gas station is developed generally by mathematic linear programming method to solve mathematic model of the system set up. The establishment and application of mathematic model of light oil distribution system are analyzed. The figured method, by which the optimal plan of distributing light oil can be easily obtained, is introduced with examples. Optimizing the light oil distribution system of urban gas stations can reduce distribution load so as to obtain better economical benefits.

Subject Headings: filling station, allocation, light oil distribution system, optimizing design, environmental protection

Wang Qing, Li Zongsi *et al.* **Optimizing Operation Process to Gudong Pipeline Network.** *OGST*, 1996(4)15,25~27.

Crude oil from Gudao, Gudong and Zhuangxi is transported through two pipelines which are Guyong-dong and Guluodong pipelines. The problems resulting from the current operational process of the two pipelines include frequent throttles on every pump stations and a higher energy consumption. By analyzing the current operational process of the two pipelines, the operation parameters are given. The optimizing operation scheme is set forth without replacing the existing equipments and ensuring the oil transportation, that is, taking the two pipeline as one transportation system, choosing the minimum oil inlet temperature of the two pipelines as the minimum allowable oil temperature, distributing reasonably the total throughput in Gudao pump station (the initial pump station) to the two pipelines. With the scheme, the following purposes have been achieved: by-pass operation on Guyongdong pipeline all the year round, reduction throttle loss in the initial pump station, increase oil throughput in the Guluodong pipeline and energy saving.

Subject Headings: long distance pipeline, operation, technology, flow optimization, energy saving

Zang Tiejun and Zang Tianhong. **Selection of Line Pipes for Long Distance Pipeline.** *OGST*, 1996(4)15,28~29.

Selection of line pipes for long distance pipeline depends on the pipes' characteristics, operational conditions and service environments. The application of line pipes in some long distance pipelines form 508 to 813 mm in diameter is analyzed, and the selection principles of line pipes are given below: ① For pipeline with diameter less than 508 mm: when the operating pressure is not more than 6.4 MPa, longitudinally-welded pipe (ERW) is proper; when the operating pressure is more than 6.4 MPa, seamless pipe is proper. ② For pipeline with diameters form 508 to 813 mm or more than 813 mm: when the operating pressure is less than 6.4 MPa, spiral-welded pipe is proper; when the operating pressure is not less than 6.4 MPa, longitudinally-welded pipe (UOE) and spiral-welded pipe with subsequent heat treatment are the best candidates. The applications of line pipes in long distance pipelines at home and abroad are analyzed with some cases.